



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Avaliação de Funcionalidade e Análise De Eficiência De Chillers De
Shoppings: Estudo De Caso - Mangabeira Shopping**

**JOÃO PESSOA/PB
Maio – 2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Guilherme Alves de Farias.....Matrícula: 11121763

**Avaliação de Funcionalidade e Análise De Eficiência De Chillers De
Shoppings: Estudo De Caso - Mangabeira Shopping**

**Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) apresentado ao Departamento
de Engenharia de Mecânica da
Universidade Federal da Paraíba,
como parte dos requisitos necessários
exigidos para obtenção do Título
Bacharel em Engenharia Mecânica.**

Orientador: Prof. Carlos Antônio Cabral dos Santos

**JOÃO PESSOA/PB
Maio – 2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

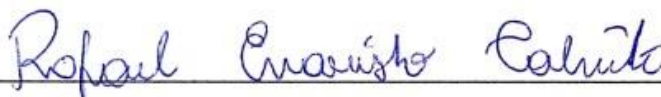
Avaliação de Funcionalidade e Análise De Eficiência De Chillers De Shoppings: Estudo De Caso - Mangabeira Shopping

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia de Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários exigidos para obtenção do Título Bacharel em Engenharia Mecânica.

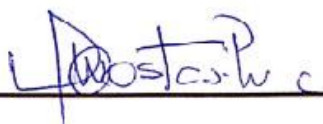
Aprovado em: 16/05/2019



Prof. Carlos Antônio Cabral dos Santos
Prof. Carlos Antônio Cabral dos Santos - Orientador



Prof.- Examinador



Prof.- Examinador

F224a Farias, Guilherme Alves de

Avaliação de Funcionalidade e Análise De Eficiência De Chillers De Shoppings: Estudo De Caso - Mangabeira Shopping./ Guilherme Alves de Farias. – João Pessoa, 2019.

59f. il.:

Orientador: Prof. Carlos Antônio Cabral dos Santos

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Mecânica) Campus I
- UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Chiller 2. Climatização para Shopping 3. Desempenho 4. COP
I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 62(043)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus,

A minha família, principalmente ao meu pai Marcos, minha mãe Marilucia, meu irmão Alexandre e minha irmã Taisa que me apoiaram na conclusão desse trabalho.

A equipe do Mangabeira Shopping, pela experiência e contribuição para esse projeto.

Aos membros da banca, que ofereceram seu tempo, e a todos os professores que me auxiliaram no decorrer do curso.

*Se queres progredir não deves repetir a história, mas fazer uma história nova.
Para construir uma nova história é preciso trilhar novos caminhos.*
Gandhi

RESUMO

Este trabalho realiza a análise de funcionalidades e da eficiência dos “chillers” que compõem o sistema de climatização do Mangabeira Shopping, localizado em João Pessoa, no bairro de Mangabeira. O uso de aparelhos de climatização em ambiente fechados é esperado e cobrado em vários estabelecimentos como bancos, supermercados, escolas, universidades e principalmente, nos *shoppings centers*. Eles são locais visitados por um grande número de pessoas diariamente. As máquinas indicadas para climatizar ambientes de grande porte são os “chillers”. Estes equipamentos existem em diversos modelos e têm a função de transformar a energia mecânica em energia térmica. Primeiramente será feito uma comparação do desempenho dos “chillers” dos seus valores de projeto com os valores adquiridos durante um período de 18 meses. A segunda etapa consiste em estudo dos métodos de economia de consumo elétrico elaborados pelos engenheiros do shopping sendo alguns exemplos desses métodos; utilizar certo número de “chillers” durante o processo de produção de frio, coloca-los em capacidade menor que 100% e carregar o tanque em valor menor que sua capacidade máxima. Com o cálculo da capacidade de refrigeração que foi estimado usando dados coletados em campo é possível determinar seu coeficiente de desempenho (COP), que é a maneira mais comum de especificar a eficiência energética de um “Chiller”. Através dos resultados obtidos deste trabalho é possível obter conclusões a respeito das estratégias implantadas. Estes resultados permitem determinar a capacidade mais vantajosa para o funcionamento do shopping e também qual o carregamento do tanque, completo ou parcial, que é mais favorável tão como saber se os números de “chillers” acionados influenciam muito na eficiência do sistema.

Palavras-Chave: Chiller, Climatização em Shopping, COP.

ABSTRACT

This final paper deals about the analysis of the functionalities and efficiency of the chillers that compose the air conditioning system of Mangabeira Shopping, located in João Pessoa, in Mangabeira neighborhood. The use of air conditioning in closed environments is expected and demanded in several establishments such as banks, supermarkets, schools, universities and, mainly, shopping malls. They are places that are visited by a large number of people daily. The machines designated to climatize large environments are called chillers. These devices exist in several models and have the function of transforming mechanical energy into thermal energy. First, a comparison of the chillers performance project values with the values acquired over an 18-month period will be made. The second stage consists of the study of the methods of electric consumption savings elaborated by the engineers of the mall. Some examples of these methods are; use a certain number of chillers during the cold production process, place them in a capacity less than 100% and charge the tank less than its maximum capacity. With the value of the cooling capacity that was estimated using data collected in the field, it is possible to determine its coefficient of performance (COP), which is the most common way to specify the energy efficiency of a Chiller. Through the results of this work, it is possible to obtain conclusions about the strategies implemented and to determine the most advantageous capacity for the operation of the mall and also what tank load, complete or partial, is more favorable. Finally, it also allows us to know if the numbers activated chillers influence the efficiency of the system.

Keywords: Chiller, Climatization in Mall, COP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Evaporação Direta.....	19
Figura 2 Evaporação Indireta	19
Figura 3 Mangabeira Shopping.....	21
Figura 4 Ventilador	22
Figura 5 Trocador de Calor	22
Figura 6 CAG.....	23
Figura 7 Chiller	24
Figura 8 Tanque de Água Gelada.....	25
Figura 9 Bombas Primárias	26
Figura 10 Bombas Secundárias	26
Figura 11 Fluxograma da Água Gelada	27
Figura 12 Tanque	27
Figura 13 Tubulação de Saída.....	27
Figura 14 Sensor De Temperatura	28
Figura 15 Bombas de Condensado.....	29
Figura 16 Tubulação de circulação de água no interior do shopping de 24” com isolamento de 25 mm.....	29
Figura 17 Tela Serviço	32
Figura 18 Tela Status	32
Figura 19 Teste de 2016.....	40
Figura 20 Primeiro Teste de Desempenho pag.1	41
Figura 21 Primeiro Teste de Desempenho pag.2	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Consumo e tempo de funcionamento	30
Tabela 2 Temperatura dos anéis no decorrer do dia. (Criação e uso do frio).....	31
Tabela 3 Cálculo da Carga Térmica e COP, com chillers 01,02,03,06,07 ativados.....	33
Tabela 4 Distribuição dos Grupos	33
Tabela 5 Médias Da Capacidade De Funcionamento Dos Chillers, Em %	34
Tabela 6 Médias Dos Consumos Elétrico Nominal, em kW	35
Tabela 7 Médias Das Cargas Térmicas Produzidas, Em TR.....	36
Tabela 8 Número De Chiller Ligados Para A Produção De Água Gelada.....	37
Tabela 9 Médias Dos Valores Do COP.....	38
Tabela 10 Médias Dos Valores do kW/TR	39
Tabela 11 Dados a 100%	43
Tabela 12 Dados a 90%	43
Tabela 13 Dados a 80%	44
Tabela 14 Tanque Totalmente Carregado	45
Tabela 15 Tanque Parcialmente Carregado.....	45

LISTA DE SIGLAS

°C	- Graus Celsius
°F	- Graus Fahrenheit
Cop	- Coeficiente De Desempenho
Cp	- Calor Específico Da Água
kW	- Quilowatt
kWh	- Quilowatt Hora
M	- Vazão Da Água (M ³ /H)
TR	- Tonelada De Refrigeração
P	- Densidade Kg/M ³
Pmoc	- Plano De Manutenção, Operação E Controle
Δt	- Diferença Das Temperaturas Externa E Interna

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Considerações Iniciais.....	13
1.2 Justificativa.....	15
1.3 Escopo do Trabalho	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Gerais	17
1.4.2 Específicos	17
1.5 Definições da Metodologia.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 CLIMATIZAÇÃO	18
2.2 Sistemas de armazenamento térmico	20
3 DESENVOLVIMENTO	21
3.1 A Empresa.....	21
3.2 Descrição Geral Da Instalação	22
3.2.1 CAG	23
3.2.2 Chiller	23
3.2.3 Tanque.....	24
3.2.4 Bombas	25
3.3 Climatização do shopping.....	26
3.4 Coleta dos Dados	30
3.5 Dados do Fabricante	40
4 ANÁLISE DOS DADOS.....	43
4.1 Produção De Frio Comparação Com Os Dados De Fabrica	43
4.2 Analisando os Métodos Implementados	44
4.2.1 Ligar os chillers com 100% de funcionamento ou 90%?.....	44
4.2.2 Carregar o tanque água gelada por completo ou carregar parcialmente?	45
5 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Um sistema de climatização (ar-condicionado) é composto de componentes e equipamentos dispostos em sequência para condicionar o ar. Muitas vezes é necessário o transporte para um determinado espaço e controlar os parâmetros ambientais internos dentro dos limites requeridos. Este pode ser utilizado com finalidade de conforto humano ambiental ou industrial, necessário para a fabricação e armazenamento de produtos.

Com o passar do tempo, ocorreu um aumento da utilização de equipamentos e, entre eles, o “*chiller*”, que representa um conjunto de componentes formando um único aparelho. Este retira calor da água para esfriá-la, seja através de um ciclo de refrigeração por absorção ou compressão de vapor. Com essa água fria se pode efetuar a troca de calor com o ambiente. Ele é fundamental para o sistema de climatização de vários estabelecimentos de grande porte e isso inclui o Shopping Mangabeira. Tem com os principais componentes o compressor, condensador, evaporador e dispositivo de expansão.

O Shopping Center é um estabelecimento em que os espaços comerciais são alugados para criação de lojas. O objetivo principal desse tipo de construção seria incentivar a visita de clientes com sua alta variedade de opções de lojas. Eles possuem passagens interligadas que permitem aos visitantes caminharem de loja em loja. Essas passagens geralmente são climatizadas e planejadas para oferecer o máximo conforto térmico.

De acordo com a norma ASHRAE [1], conforto térmico para uma pessoa pode ser definido como sendo a satisfação mental com o ambiente que o circunda. Além disso, trata-se do controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Atualmente também se inclui o controle do índice de dióxido de carbono CO₂, do ar de renovação e controle de particulado. Estabelecido à cobrança em lei 13.589/2018 conhecida como PMOC que foi promulgada em janeiro de 2018. Porém desde a entrega desse trabalho, sua regulamentação ainda não foi estabelecida.

O presente trabalho trata-se da análise de funcionalidades e da eficiência dos “chillers” que compõem o sistema de climatização do Mangabeira Shopping. A análise

é feita com base numa avaliação puramente energética comparando os coeficientes de performances para as diferentes situações em que os “chiller” são postos em funcionamento.

1.2 Justificativa

Os sistemas de ar condicionado são um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica em um Shopping. Eles representam um dos maiores gastos tanto na sua implantação quanto no seu funcionamento e na sua manutenção.

Porém, o Mangabeira shopping foi projetado para ser um sistema simples, com baixa necessidade de manutenção. Na maioria dos componentes, com exceção dos “chillers”, que recebem manutenção bimensal feita pelo próprio fabricante, “Carrier”. Sendo os “chillers” os aparelhos caros e mais modernos.

O funcionamento do sistema de ar-condicionado é crucial para qualquer shopping propiciando o conforto térmico tanto para os clientes quanto para os lojistas. Ele deve ter disponibilidade de funcionamento ininterrupto, enquanto o shopping estiver em funcionamento. Sendo, portanto, necessário o seu monitoramento frequentemente para atender a demanda.

Diante deste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos e estratégias que contribuam para poder reduzir o consumo de eletricidade.

Os “Chillers” foram instalados desde o final de novembro de 2014. Desde então, os técnicos e os engenheiros que trabalharam no shopping vem desenvolvendo estratégias para reduzir o consumo sem sacrificar o conforto térmico dos clientes.

Este trabalho se reveste de grande relevância para o monitoramento dos custos de operação do sistema de climatização do Mangabeira Shopping. Visto que serão observadas várias dessas estratégias e determinar se as decisões continuam sendo as corretas ou necessitam de mudanças.

1.3 Escopo do Trabalho

Este estudo irá analisar os dados originados do o sistema primário do sistema de climatização do Mangabeira shopping que é responsável pela produção de água gelada. O sistema é Composto por: bombas primárias, “chillers” e tanque de armazenamento.

Inicialmente, serão discutidos o funcionamento do sistema de climatização do shopping em totalidade, demonstrando sua atividade diária, Em seguida serão apresentados os dados do período de outubro de 2017 a março 2019 os quais serão comparados com os resultados obtidos no projeto de fabrica logo após iremos analisar os métodos de economia de consumo implementados e testa-los.

Umas das limitações desse trabalho são as variáveis com e sem controle. As várias variáveis sem controle são: as estações, a quantidade de pessoas que visitam, a chuva, a presença de nuvens e a umidade externa. E mesmo as variáveis com controle, tais como: a quantidade de “chillers” posto em funcionamento, a variação de temperatura de entrada e saída da água, a capacidade de funcionamento do “chiller”. Todos esses aspectos meteorológicos influenciam na carga térmica. E tornam a necessidade e a produção de frio amplamente variável.

A equipe de acompanhamento do sistema de climatização do Mangabeira Shopping observa essas variáveis e, quando exigidos, tomam decisões para suprir a necessidade, alterando a predisposição de alguns dados.

Outra dificuldade seria que as origens dos problemas em relação ao armazenamento de frio no tanque só são notados depois de vários dias ou até semanas quando se percebe um aumento do consumo em kWh isso dificulta localizar a origem real do problema. O tanque é como organismo vivo nem sempre agindo como esperado. A engenharia térmica não é exata, esses fatores podem influenciar os dados, porém ainda é possível fazer comparações e observar tendências.

1.4 Objetivos

1.4.1 Gerais

É objetivo geral deste trabalho é acompanhar o funcionamento do sistema de climatização focando nos “chillers” e comparando seus resultados de desempenho com os valores produzidos em fabrica. Também, são coletados dados num período de dezoito meses a fim de testar os métodos implementados e avaliar a redução do consumo de energia elétrica, e se necessário propor mudanças buscando a melhoria da performance.

1.4.2 Específicos

As estratégias de análise da economia de energia que serão testadas são.

- Analisar se vale a pena Ligar os “chillers” com 100% de funcionamento ou 90%?
- Repetir a análise anterior para 4 “chillers” por um maior período de tempo ou 5 “chillers” por menor tempo?
- Analisar a produção de água gelada.
- Aplicar as equações dos balanços de massa e energia para avaliação das performances dos “chiller” e da unidade global.

1.5 Definições da Metodologia

A metodologia de trabalho irá se fundamentar em pesquisa bibliográfica e pressupostos do Estudo de Caso, envolvendo estratégias de investigação relacionadas à análise documental e observação.

Será feito levantamento de dados durante um período de 18 meses. A partir de então, será feita uma comparação com os valores de fábrica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CLIMATIZAÇÃO

Para o funcionamento de sistema de ar condicionado é necessário um processo combinado que executa várias atividades simultaneamente WANG, (2000) afirma que a maioria dos sistemas de ar condicionado executa as seguintes funções:

- Fornecer a energia de refrigeração e aquecimento necessária.
- Tratar o ar fornecido, isto é, aquecer ou esfriar, umedecer ou desumidificar, limpar e purificar, e atenuar qualquer ruído censurável produzido pelo equipamento.
- Distribuir o ar condicionado, contendo suficiente ar externo, para o espaço condicionado.
- Controlar e manter os parâmetros ambientais internos - como temperatura, umidade, limpeza, movimento do ar, nível de som e diferencial de pressão entre os espaços condicionados e arredores - dentro de limites predeterminados.

Os sistemas de ar condicionado mais comuns utilizam o processo de refrigeração por compressão a vapor que consiste em um ciclo composto de quatro etapas:

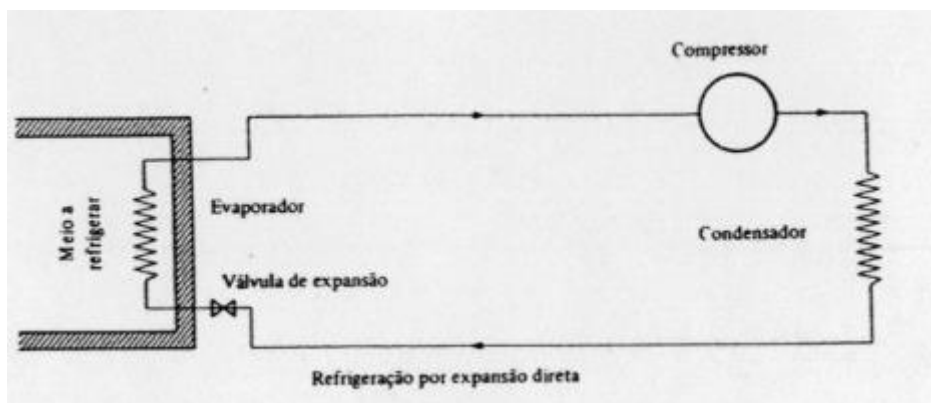
1. Compressão do gás frio fazendo com que ele se torne gás quente de alta pressão através de um compressor
2. Dessuperaquecimento e condensação do gás quente através de um trocador de calor
3. Expansão do líquido, através de um dispositivo de uma válvula expansão que resultará em uma mistura de líquido e vapor a baixa pressão;
4. Evaporação total da mistura à baixa pressão, através de um trocador de calor que irá resfriar (e desumidificar) o ar a ser insuflado no ambiente condicionado

A quantidade de calor a ser retirada do sistema a refrigerar, na unidade de tempo, toma o nome de potência frigorífica ou carga térmica de refrigeração e é medida em frigorias por hora (fg/h). A frigoria corresponde a uma quilocaloria retirada ou, quilocaloria negativa, de acordo com a convenção de sinais já adotada no estudo da Termodinâmica. Na prática, a potência frigorífica é avaliada em Toneladas de Refrigeração (TR), unidade que equivale à quantidade de calor a retirar da água a 0°C, para formar uma tonelada de gelo a 0°C, em cada 24 horas (Ênnio, 1982, p.18)

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados quanto ao tipo de expansão

- **Expansão ou evaporação direta**, quando o condicionador recebe diretamente do recinto ou através de dutos a carga de ar frio ou quente.

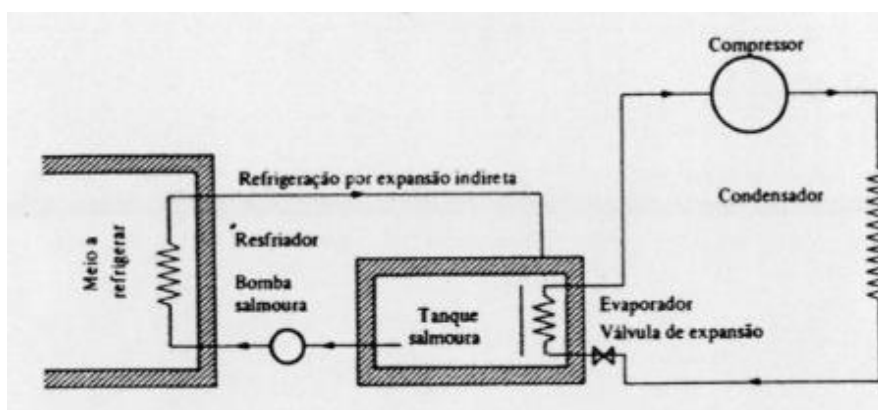
Figura 1 Evaporação Direta



Fonte: E.C, COSTA, 1982, (Pág. 105)

- **Expansão indireta, também chamados de sistemas de água gelada**, quando o condicionador utiliza um meio intermediário (água ou salmoura) para retirar a carga térmica, que é transmitida pelo ar frio ou quente.

Figura 2 Evaporação Indireta



Fonte: E.C, COSTA, 1982, Pág. 105

Cada um dos dois sistemas citados tem a sua aplicação específica: o de expansão direta, para instalações pequenas e médias; é o de expansão indireta, para grandes instalações.

Para locais de áreas superiores a 400 m², como nos shoppings, bancos e indústrias, os sistemas self-containers são mais indicados (expansão direta ou indireta) ou de água gelada. Para instalação até 14 TR, máquinas com condensadores a ar podem ser usadas. Se for maior, a condensação a água deve ser usada, o que implica a instalação de torres de arrefecimento, com bombas e tubulações hidráulicas que oneram a instalação em aproximadamente 30%. É necessário ter água em abundância e de boa qualidade. Quando se há uso de água gelada para os processos, deve ser estudada a possibilidade de produzir gelo durante a noite, quando a tarifa de energia elétrica é menor; esse gelo pode ser usado durante o dia (sistema de termo acumulação). A temperatura mínima deve ser em torno de 4°C para a água circular sem perigo de congelamento. (CREDER, 2004, p.85).

2.2 Sistemas de armazenamento térmico

Um sistema de ar condicionado de armazenamento de energia térmica, ou simplesmente um sistema de termoacumulação é normalmente composto de um compressor, condensador e um evaporador que resfria água. A ideia principal desse sistema é como denota Creder (2004), produzir água gelada ou gelo durante a noite que será armazenada nos tanques para fornecer resfriamento em prédios. Tem como objetivo a transferência do horário de produção do frio, do horário de pico, onde a demanda de energia é maior e por tanto mais cara, para o período da noite quando a energia é mais barata reduzindo o preço de operação. Vale reforçar que os sistemas de termoacumulação não economizam energia. Eles permitem o gerenciamento elétrico. Essa é a principal vantagem desse sistema. Outras vantagens são a redução do tamanho do equipamento e a água pode ser usada para combate ao incêndio em casos de emergência. A maior desvantagem seria o seu elevado custo inicial de implantação.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 A Empresa

Mangabeira Shopping, Localizado em João Pessoa, no bairro de Mangabeira, inaugurado em novembro de 2014, sendo seu dono o empresário Roberto Santiago responsável pela sua concepção e também a do shopping Manaíra. O Mangabeira Shopping foi construído em dois anos e meio, possui 112 mil metros quadrados de área construída, 55.000 metros quadrados de área bruta locável. Possui 212 lojas, sendo 17 âncoras desfruta de um cinema e praça de alimentação que dispõe um amplo espaço para lazer e entretenimento o qual e usado para realização de shows e eventos gratuitos para sua clientela, o shopping é um dos maiores estimulantes do desenvolvimento social e econômico do bairro de Mangabeira e de toda a zona sul da capital paraibana.

Figura 3 Mangabeira Shopping



Fonte: Autor (2018)

3.2 Descrição Geral Da Instalação

O Mangabeira Shopping trata-se de uma edificação comercial, com (três) pavimentos, sendo eles o térreo, 1º pavimento e 2º pavimento, que possui em total 26 casas de máquinas: 9 no térreo, 7 no 1º pavimento e 10 no 2º pavimento.

As casas de máquinas são compostas por um trocador de calor, na qual circula a água gelada pela serpentina e troca calor com o ar e por um ventilador que realiza a movimentação deste ar e leva-o para o mall do shopping.

Figura 4 Ventilador



Fonte: Autor (2018)

Figura 5 Trocador de Calor



Fonte: Autor (2018)

3.2.1 CAG

Central da água gelada ou casa da água gelada é a edificação onde se contém os equipamentos necessários para a produção, distribuição e uso da água gelada.

Figura 6 CAG



Fonte: Autor (2018)

3.2.2 Chiller

O “chiller” é uma máquina térmica que tem função de remover calor de um líquido nesse caso a água, e opera segundo o ciclo de refrigeração a vapor.

Segundo o Manual de Instalação, Operação e Manutenção do “chiller” 23XRV, o compressor retira continuamente um grande volume de gás do Evaporador. Quando a sucção do compressor reduz a pressão no cooler, o refrigerante restante ferve a uma temperatura baixa (38 a 42 °F [3 a 6 °C]). A energia necessária para a fervura é obtida da água, que passa pelos tubos do evaporado. Com a energia retirada, a água fica fria o suficiente para ser usada no circuito de ar condicionado e para o processo de arrefecimento de líquido. Depois de retirar o calor da água, o vapor de refrigerante é comprimido. A compressão acrescenta mais calor e o refrigerante aquece (tipicamente 90 a 130 °F [32 a 54 °C]), quando então é descarregado do compressor no condensador. A água fria (tipicamente 65 a 85 °F [18 a 29 °C]) passa pelos tubos do condensador, retira o calor do refrigerante e o gás liquefaz-se.

O Mangabeira Shopping possui instalados 7 “chillers” do tipo tri-rotor 23XRV do fabricante Carrier, com 530 TR de capacidade cada um. TR (Toneladas de Refrigeração) é conhecida como uma medida de potência de refrigeração. Outra medida comumente usada seria Quilowatts (kW).

Figura 7 Chiller



Fonte: Autor (2018)

3.2.3 Tanque

O Tanque é atmosférico, ou seja, possui tampa porém não é hermeticamente fechada, suas dimensões são 35 metros de altura, 16 metros de diâmetro e um volume de 7000 metros cúbicos. Ele possui essa altura porque o shopping tem 30 metros, evitando derramamento de água no tanque.

Figura 8 Tanque de Água Gelada



Fonte: Autor (2018)

3.2.4 Bombas

Responsáveis pelo transporte de água nas tubulações, existem três conjuntos de sete bombas totalizando 21, sendo eles as bombas primárias, secundárias e de condensado. A vazão das bombas primárias são controladas para ser igual a $159 \text{ m}^3/\text{h}$, e a vazão das secundárias são alteradas dependendo da necessidade do shopping de frio.

Figura 9 Bombas Primárias



Fonte: Autor (2018)

Figura 10 Bombas Secundárias

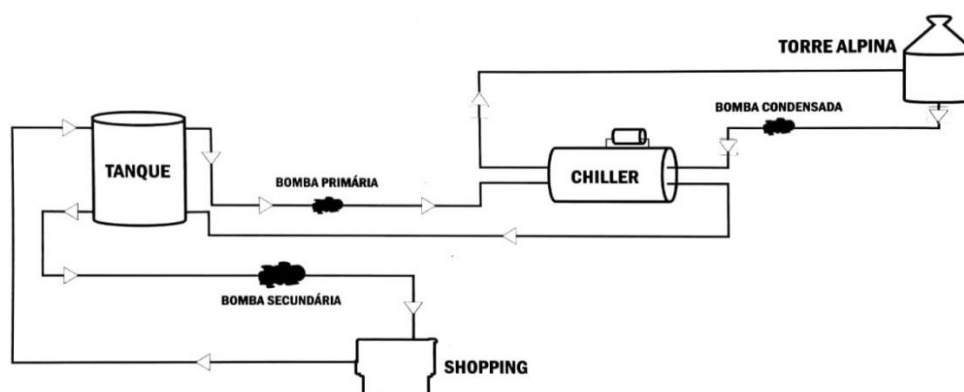


Fonte: Autor (2018)

3.3 Climatização do shopping

A climatização é realizada por um sistema de expansão indireta, ou seja, **o ambiente será resfriado por um fluido intermediário (água gelada), que não é o fluido refrigerante com o qual opera o ciclo.** Como mostra o fluxograma a seguir podemos dividi-lo em três sistemas

Figura 11 Fluxograma da Água Gelada



Fonte: Autor (2018)

O sistema primário é responsável pela produção de água gelada. As bombas primárias puxam a água da parte superior do tanque de armazenamento (Figura 11) que está a uma temperatura de 17°C e conduzem até um “chiller”, onde água é resfriada até a temperatura de 7°C e retorna para a parte inferior do tanque, gerando assim uma estratificação das temperaturas ao longo do comprimento do tanque sendo ele dividido em 12 partes denominados de anéis cada um com seu sensor de temperatura (figura 14).

Figura 12 Tanque



Fonte: Autor (2018)

Figura 13 Tubulação de Saída



Fonte: Autor (2018)

Figura 14 Sensor De Temperatura



Fonte: Autor (2018)

O sistema secundário é onde acontece o resfriamento do ar propriamente dito. Vinte minutos antes do shopping abrir, as bombas secundárias puxam a água gelada da parte inferior do tanque (figura 12) e a leva para o shopping, onde ela usada para trocar calor com o ar do sistema de resfriamento. Depois da troca de calor, a água deveria chegar a uma temperatura de 25° pelo projeto, mas seu valor real oscila em torno dos 30°. Ela é bombeada para os “chillers”, de onde sai com uma temperatura aproximada de 17° e retorna para o tanque pela parte superior (figura 11). As válvulas medidoras de vazão que são localizadas nas saídas dos “chillers” e a carga térmica a ser vencida é de 4200TR. As bombas de condensado tem seu próprio ciclo com o “chiller” e as torres alpinas, elas têm função de esfriar o condensador do “chiller”.

Figura 15 Bombas de Condensado



Fonte: Autor (2018)

Figura 16 Tubulação de circulação de água no interior do shopping de 24" com isolamento de 25 mm



Fonte: Autor (2018)

As casas de máquinas e salas de retorno, localizadas dentro do shopping, onde ocorre a troca de calor entre o ar insuflado e a água gelada produzida. O trocador de calor (Figura 4) recebe a água gelada e utiliza-a para resfriar o ar que será enviado ao ambiente a ser climatizado. O ar é puxado do interior do shopping e insuflado na primeira seção da máquinas a uma temperatura de 25°, onde entra no trocador de calor e sai na segunda seção à temperatura de 15°, onde é puxada para um exaustor (Figura 3) e insuflada de volta no shopping.

Essa é a rotina diária o qual o sistema de climatização segue, todo o sistema possui coeficiente de desempenho (COP) = 6,39 **O coeficiente de performance (ou desempenho (COP ou COD)) expressa a eficiência de uma bomba de calor. É a relação da energia desejada (refrigeração) com a que deve ser paga (energia elétrica).**

$$\text{COP} = \frac{\text{kW Refrigeração}}{\text{kW Eletricidade}} \quad (1)$$

3.4 Coleta dos Dados

Com ajuda dos sensores de temperatura (figura 14) é possível registrar tanto a progressão da “criação” de frio como o seu uso durante o dia. O uso geralmente não era anotado porque ele variava muito devido ao fato que quando o shopping precisava de mais frio, os técnicos elevavam a frequência das bombas secundárias, que aumentavam o consumo do anel. Também era registrado o valor do consumo em KWh e o tempo de carregamento (tempo de funcionamento dos “chillers”).

Tabela 1 Consumo e tempo de funcionamento

DATA: 29 – 12 – 18	Sábado		
Horário que ligou os chiller:	00:05	Horário que desligou os chiller:	06:55
KWh inicial – coluna 1:	1.306.997	KWh final – coluna 1:	1.312.435
KWh inicial – coluna 2:	3.474.786	KWh final – coluna 2:	3.480.030
Hora total de carregamento:	06:50	Consumo Total:	10.682

Fonte: Consumo dos chiller - 12 - dezembro de 2018 (2018)

A tabela (2) demonstra a temperatura em célsius anotada em cada anel, junto com o horário que foi feito a anotação. O azul indica quando o anel é considerado carregado e pronto para uso. E o amarelo indica quando está no período de transição.

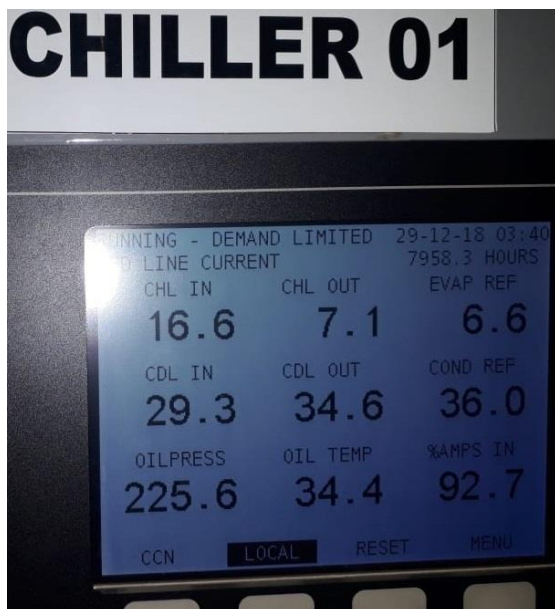
Tabela 2 Temperatura dos aneis no decorrer do dia. (Criação e uso do frio)

Leituras do Tanque																				
Hora:	01:00	02:00	03:00	05:00	06:00	07:09	10:28	11:11	12:06	13:02	14:00	16:28	17:15	18:30	19:00	20:11	21:00	22:00	23:00	01:08
12 –	16,8	16,7	16,4	16,2	16	14,9	14,9	16,2	16,6	16,5	16,4	17,0	17,1	17,0	17,0	16,8	16,9	17,1	17,2	17,1
11 –	16,7	16,4	16,2	16	16,2	14,9	14,9	16,2	16,6	16,6	16,7	17,0	17,0	17,0	17,0	16,7	16,7	17,0	17,0	17,0
10 –	16,5	16,4	16,2	16	16	14	14,7	16,2	16,5	16,4	16,6	16,7	17,0	16,6	16,7	17,0	17,0	17,1	16,9	16,9
9 –	16,5	16,4	16,2	15	14,7	7,9	10,1	12,2	14,7	14,9	14,9	16,5	16,6	16,6	16,6	17,0	17,0	16,9	17,0	16,9
8 –	16,5	16,2	16	15,1	9,9	7,5	7,6	7,7	10,7	14,3	15,0	15,4	16,5	16,7	16,7	16,6	16,7	17,0	17,0	17,1
7 –	16,3	16,1	15,2	11,9	7,7	7,3	7,4	7,4	7,6	8,1	12,3	15	15	16,4	16,5	16,6	16,6	16,7	16,6	16,6
6 –	16,4	15,5	15,3	8,1	7,8	7,4	7,4	7,5	7,7	7,8	7,9	14,9	15,1	15,2	15,2	16,7	16,8	16,9	16,9	16,9
5 –	15,1	14,8	14	7,2	7	6,8	6,9	6,9	6,9	7	7,3	10,3	13,7	14,7	14,7	14,7	14,9	16,3	16,3	16,4
4 –	15,1	14,7	8,5	7,3	7,1	7,0	7	7	7,1	7,2	7,4	7,7	8,2	12,6	14,4	15	15	15,1	15,0	15,2
3 –	15,1	9,7	7,7	7,3	7,1	7,0	7,1	7	7,1	7,2	7,2	7,5	7,6	7,8	8,4	11,9	14,3	14,9	15,0	15
2 –	11,8	7,9	7,6	7,3	7,1	7,0	7	6,9	7,1	7	7	7,3	7,5	7,6	7,6	7,8	8,4	12,8	13,9	14,7
1 –	8,5	7,9	7,8	7,5	7,2	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,6	7,6	7,8	7,9	8,0	8,1	8,9
T alimentação (C°)						8,4	7,3	7,4	7,2	7,3	7,4	7,4	7,6	7,6	7,8	7,9	7,9	7,9	8	8,2
T retorno (C°)						15,2	18,6	17,7	17,6	17,4	17,3	18	17,7	17,6	17,4	17,7	17,9	17,9	19,1	14,1
Variação (ΔT)						6,8	11,3	10,3	10,4	10,1	9,9	10,6	10,1	10	9,6	9,8	10	10	11,1	5,9

Fonte: Consumo dos chiller - 12 - dezembro de 2018 (2018)

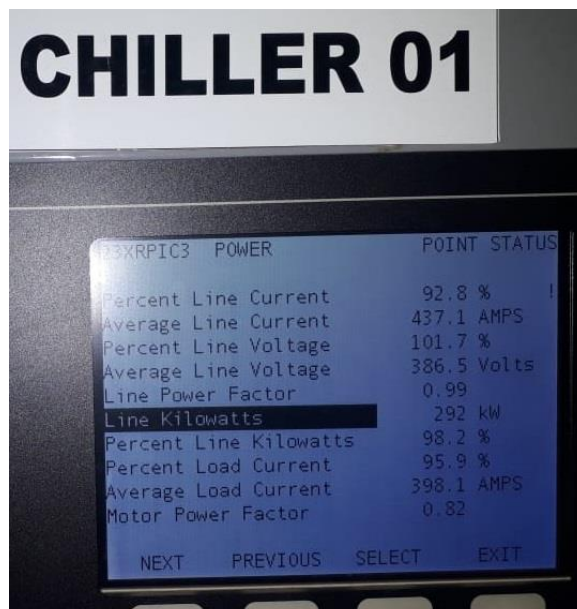
No Controlador Visual do “Chiller” (tela Serviço) é possível visualizar informações como o status da máquina, tempo de operação, a temperatura da água na entrada e saída, assim como a temperatura do óleo e sua pressão.

Figura 17 Tela Serviço



Fonte: Autor (2018)

Figura 18 Tela Status



Fonte: Autor (2018)

Usando a equação de energia de $Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$ podemos calcular a capacidade de refrigeração.

$$Q = \frac{\dot{m} * C_p * \rho * \Delta T}{3600} \text{ valor em kW} \quad (2)$$

\dot{m} = vazão da água (m³/h)

C_p = calor específico da água 4,195 (kJ/kg.C)

ρ = sua densidade 999,7 kg/m³

Δt = Diferença das temperaturas externa e interna (°C)

Com a equação (1) calculamos o coeficiente de desempenho (COP) e kW/TR e o inverso da equação de COP utilizando o valor em carga térmica em toneladas de refrigeração.

Devido ao defeito do sensor de temperatura do “chiller” 3 não é possível calcular o valor real da carga térmica e COP por isso seus valores serão desconsiderados no cálculo das médias.

Tabela 3 Cálculo da Carga Térmica e COP, com chillers 01,02,03,06,07 ativados

	%	Te	Ts	ΔT (°C)	Vazão {m³/h}	Line Kilowatts	Carga Térmica (TR)	Carga Térmica (kW)	COP	kW/TR
Chiller 01	92,7	16,6	7,1	9,5	159	292	499,50	1756,6805	6,0160	0,585
Chiller 02	90,8	16,8	7,3	9,5	159	285	499,50	1756,6805	6,1638	0,571
Chiller 03	91	15,2	7,7	7,5	159	288		#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Chiller 04										
Chiller 05										
Chiller 06	90,8	16,6	7,3	9,3	159	285	488,99	1719,6978	6,0340	0,583
Chiller 07	92,6	16,7	7,1	9,6	159	291	504,76	1775,1719	6,1002	0,577
Média =							498,1895	1752,0577	6,0785	0,5786

Fonte: Autor (2018)

Iremos fazer esses cálculos para todos os dias, começando de outubro de 2017 até março de 2019. Como vários “chillers” entram em atividade, pegaremos as médias diárias da capacidade de funcionamento (%), do consumo elétrico nominal (kW), da carga térmica (TR), do COP e do kW/TR e organiza-las em tabelas.

Como estamos usando médias, os valores das figuras (18) e (19) não equivalem a 80, 90 e 100% exatamente, por isso para facilitar a comparação iremos organizar os dados em quatro grupos sendo eles;

Tabela 4 Distribuição dos Grupos

	=	Chillers funcionando a 100%
	=	Chillers funcionando a 90%
	=	Chillers funcionando a 80%
	=	Chillers funcionando <=70%

Fonte: Autor (2018)

Os valores pintados em preto das tabelas (5, 6, 7, 8, 9 e 10) representam dados que por um motivo ou outro não foi possível se registrado alguns exemplos desses motivos foi à falta de estagiário que afetou especificamente o mês de março de 2018, ou defeito de equipamento que ocorreu em várias datas aleatórias ou o simplesmente devido ao erro humano.

Tabela 5 Médias Da Capacidade De Funcionamento Dos Chillers, Em %

	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19
1	90,9	92,3	90,1	91,9	91,7	88,6	90,9	87,5	83,2	67,1	88,7	80,4	89,8	91,7	99,5	92,0	90,7	90,5
2	91,4	92,1	92,9	91,0	90,5		93,7		81,0	76,8	89,2	93,3	84,3		99,8	61,8	92,7	91,0
3	91,6	92,7	92,6		91,1		90,0	83,7	84,1	69,2	85,0	93,9	86,9	91,1	98,0	88,2	91,2	90,4
4	92,8	92,7	92,7	92,5	93,1	90,8	90,5	84,0	84,8	71,3	83,2	91,7	86,3	91,2	99,6	90,9	91,3	90,6
5	91,2	92,7	92,2	93,7	90,9		93,3	90,6	76,6	68,2	91,4	86,3	87,4	90,4	99,5	91,2	91,0	91,3
6	90,9	91,2	92,9	92,1	94,0	90,5	91,6	90,1	79,8	83,0	90,4	85,7	88,4	93,5	100,6	91,4	91,6	91,4
7	90,7	92,1	91,2	93,9	88,3		89,4	86,3	82,7	80,9	91,1	91,8	92,7	91,6	100,9	89,3	89,4	90,8
8	92,2	91,1	92,6	90,5	92,8	85,1	92,0	81,2	85,2	80,3	88,2	90,7	90,4	92,0	99,3	90,5	89,1	91,8
9	92,1	90,6	92,1	92,2	91,9		92,3	87,1	85,7	75,5	91,1	87,7	91,0	91,9	91,7	91,4	91,9	90,2
10	91,8	93,1	92,7	92,4	91,2		87,5	82,5	82,6	80,7	90,0	86,1	90,7	92,8	91,6	87,8	91,5	91,3
11	91,3	91,3	92,5	93,1	90,2		89,9	89,9	72,4	78,1	90,6	84,8	88,9	92,7	92,0	91,8	90,7	90,6
12	93,1	92,6	91,8	90,7		90,6	87,6	89,4	85,1	82,0	93,1	83,2	92,0	92,8	91,3	90,6	90,0	90,8
13	91,3	91,6	88,8	93,2	91,2		92,3	89,8	82,1	85,6	92,4	78,8	90,7	91,2	92,5	90,7	91,2	91,5
14	90,8	88,6	92,2	92,0	88,7	92,7	89,3	88,5	76,7	76,0	92,2	86,2	91,7	91,9	91,6	91,9	87,8	
15	91,8	90,8	92,0	92,1	92,4		89,5	91,0	70,0	85,1	90,8	68,8	92,7	93,1	91,1	91,2	91,3	91,1
16	55,5	90,6	93,8	91,0	90,7	91,4	87,4	85,3	88,8	85,8	90,4	91,8	91,9	93,3	91,7	92,2	90,7	90,6
17	91,4	90,7	92,0	92,0	90,6		81,5	86,1	81,2	67,2	91,8	87,2	92,3	93,0	95,0	90,6	90,6	91,7
18	88,5	91,1	93,1	92,1	90,6	90,5	85,2	88,0	76,7	81,6	89,2	78,2	84,9	91,9	92,2	91,3	92,2	
19	92,3	93,4	93,2	93,0	90,4		75,4	90,6	69,5	63,9	91,1	86,6	91,3	92,6	98,0	92,2	91,7	92,2
20	92,8	91,7	93,0	91,5	90,8	89,5	90,5	86,8	75,1	69,9	89,9	71,3	90,6	91,1	98,6	91,6	92,4	90,4
21	93,0	93,3	93,0	90,6	90,5		87,8	90,4	62,0	80,4	92,3	85,7	92,1	92,4	99,0	90,9	89,7	91,5
22	91,2	93,2	92,9	91,1	91,0	92,4	92,6	92,4	76,2	84,6	90,2	83,4	92,2	91,0	98,7	89,3	91,1	90,9
23	92,3	92,3	93,6	92,2	90,4		90,3	89,6	74,3	82,4	88,3		91,1	92,3	98,7	92,7	90,9	90,9
24	92,1	91,8	91,8	90,8	90,9	91,2	83,5	86,5	76,5	72,6	80,3	87,2	91,6	91,6	100,3	90,3	92,0	90,3
25	92,3	91,2	56,7	91,2	91,4		80,4	87,0	71,3	70,9	91,5	91,6	92,6	91,8	99,6	90,9	91,9	90,8
26	92,1	92,7	92,2	91,0	83,8	90,4	84,1	89,0	66,0	80,7	90,6	91,0	91,3	92,2	72,0	92,8	92,1	90,1
27	92,8	91,6	92,2	91,3	80,2		88,2	85,5	65,5	86,5	90,7	88,7	92,8	91,8	92,0	91,1	91,2	91,7
28	91,4	92,4		84,1	85,3	93,1	89,8	82,3	66,2	89,7	86,4	89,5	92,4	91,1	99,6	90,2	91,4	89,6
29	92,2	91,7	93,0	89,3			90,4	82,6	68,4	90,5	84,8	88,7	92,2	99,7	91,6	86,9		89,7
30	92,3	92,9	93,4	92,4			90,4	77,7	67,3	86,6	74,7	91,1	91,0	98,0	92,5	87,0		90,7
31	91,7		92,8	88,2				86,6		87,2	77,1		92,2		91,9	87,4		90,2

Tabela 6 Médias Dos Consumos Elétrico Nominal, em kW

	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19
1	282,7	293,8	289,5	292,3	287,8	279,3	288,3	278,3	263,0	211,5	280,8	248,3	283,0	286,8	312,0	288,4	285,2	286,4
2	290,7	293,8	296,8	293,8	284,0		297,0		254,8	240,5	281,3	288,5	267,3		309,6	194,0	292,8	287,2
3	290,0	295,8	292,3		286,0		286,8	261,8	265,0	215,0	266,5	289,5	274,3	289,3	310,0	277,8	287,6	285,8
4	289,3	292,0	294,0	293,0	291,0	288,0	288,0	264,0	267,5	223,8	260,0	269,3	270,8	290,8	313,3	289,0	285,2	282,6
5	289,5	292,8	297,3	298,3	282,0		291,3	283,8	241,3	210,0	284,3	266,8	275,8	286,3	316,0	286,0	285,0	285,8
6	288,3	293,8	296,0	293,0	294,8	287,0	285,0	283,0	251,8	261,3	282,5	265,3	279,8	293,5	318,0	286,5	289,4	289,0
7	286,3	295,8	293,0	299,3	276,8		284,3	271,8	257,8	253,8	286,0	291,0	291,3	288,5	313,5	281,8	283,0	283,6
8	289,3	292,5	293,8	289,8	293,8	268,5	288,3	256,0	269,5	248,0	281,5	284,0	287,0	290,5	311,8	283,5	282,8	
9	287,5	292,0	294,0	293,0	288,0		291,0	273,8	271,5	233,8	281,8	272,8	287,8	289,6	286,8	287,8	285,6	282,6
10	292,0	296,0	296,5	295,8	285,3		273,3	259,8	258,3	249,5	283,0	270,8	282,5	290,4	288,3	276,8	286,4	286,0
11	290,0	295,5	298,0	295,0	281,3		283,5	282,3	227,8	245,5	287,5	261,5		292,2	290,3	288,4	282,6	284,8
12	291,0	293,3	292,8	289,3		283,8	277,3	280,5	266,3	254,8	289,5	258,5	287,8	292,4	286,3	287,0	286,8	288,8
13	287,8	294,3	285,5	294,8	283,3		286,5	282,8	253,5	267,0	288,0	245,8	287,5	288,6	292,5	288,8	287,2	288,0
14	286,0	286,0	295,0	292,0	281,3	292,5	279,5	276,0	242,8	240,0	291,5	271,0	288,0	287,8	289,5	289,6	278,2	
15	290,5	288,0	293,3	293,3	289,5		280,5	287,0	219,0	268,8	286,5	216,8	286,5	296,3	287,3	289,8		284,0
16	150,3	288,0	299,5	288,8	283,5	285,5	277,8	267,8	280,5	269,5	285,8	286,3	290,5	292,0	287,5	287,0	284,8	284,0
17	287,0	291,8	295,5	296,0	285,8		257,5	271,3	256,5	211,0	290,5	272,8	287,8	290,6	300,0	285,4	285,2	285,4
18	279,5	292,8	297,3	296,5	283,0	283,8	266,5	276,5	242,3	231,8	283,5	242,3	269,5	290,0	292,0	287,0	289,2	
19	290,3	293,8	297,8	292,5	284,0		235,5	287,8	218,0	202,5	283,8	272,8	286,0	292,2	306,6	289,0	284,0	289,8
20	292,5	293,5	298,0	294,0	287,5	282,0	284,8	272,5	235,5	218,5	283,5	223,8	288,8	289,4	308,8	286,8	288,6	283,6
21	293,5	298,3	299,8	282,5	285,3		267,3	286,8	197,0	251,3	291,8	266,5	289,5	290,5	310,4	286,8	283,0	287,4
22	283,5	296,3	298,5	289,8	286,3	292,8	291,3	288,8	237,0	266,3	283,3	261,5	289,3	285,8	312,2	280,8	288,0	285,6
23	291,0	295,3	301,3	291,8	283,5		286,8	280,0	233,0	258,8	280,5		286,8	290,4	310,4	289,0	287,2	286,2
24	290,5	295,3	289,0	287,0	284,8	288,0	262,5	268,8	237,3	227,5	254,0	270,0	289,0	288,2	313,8	284,4	285,6	285,2
25	290,0	293,5	178,0	288,5	288,0		249,8	273,8	221,5	224,8	287,3	290,5	288,8	287,4	314,0	284,4	284,8	285,4
26	289,8	292,5	297,3	288,0	258,3	284,5	266,3	278,8	206,8	250,5	283,5	287,5	288,8	288,0	227,4	289,2	289,8	281,8
27	293,3	296,0	297,5	285,8	249,5		279,8	266,5	207,8	269,8	284,8	278,8	293,3	288,4	287,8	285,6	288,0	288,0
28	295,5	295,3		259,5	267,5	294,8	282,0	254,0	208,8	282,5	270,0	281,5	285,8	288,6	313,2	285,4	287,4	284,2
29	293,8	293,5	301,0	283,3			284,5	259,5	214,3	283,5	268,3	281,3	285,8	316,2	288,2	274,4		285,8
30	298,5	297,0	297,0	290,3			287,8	242,3	211,8	268,3	236,0	289,8	285,5	306,3	288,2	275,6		286,2
31	294,3		296,5	276,8				272,7		274,8	242,0		288,5		289,2	275,2		284,8

Tabela 7 Médias Das Cargas Térmicas Produzidas, Em TR

	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19
1	496,09	467,96	488,99	469,71	511,33	491,62	502,13	498,19	496,88	436,41	503,01	446,92	506,51	492,49	494,25	498,19	478,47	495,56
2	467,96	476,72	485,48	481,98	506,08		512,65		469,27	462,70	504,76	482,42	478,47		486,36		503,45	494,25
3	470,59	488,99	492,49		508,71		495,56	478,47	473,21	428,52	487,24	481,10	471,46	497,75	483,73	478,47	475,84	496,88
4	487,24	476,72	473,21	481,98	521,85	495,56	491,62	479,79	481,10	450,87	459,19	462,70	476,72	506,51	492,49	488,99	486,36	492,93
5	476,72	499,50	494,25	478,47	494,25		491,62	499,50	481,10	441,67	487,24	457,44	485,48	504,76	488,99	485,48	466,64	485,04
6	492,49	483,73	478,47	481,98	496,88	496,88	495,56	496,88	478,47	477,16	478,47	448,24	485,48	496,00	481,98	499,50	486,36	504,76
7	469,71	492,49	483,73	469,71	479,79		494,25	495,56	462,70	462,70	480,22	478,47	496,00	497,75	494,25	501,26	471,90	485,04
8	492,49	476,72	466,20	474,97	486,36	469,27	516,59	470,59	481,10	479,79	487,24	486,36	508,27	496,00	496,00	478,47	478,47	491,62
9	466,20	499,50	487,24	478,47	513,96		517,91	483,73	483,73	448,68	474,97	470,59	497,75	498,19	475,84	490,74	482,42	492,93
10	476,72	487,24	473,21	481,98	512,65		487,67	482,42	479,79	446,92	485,48	452,18	494,25	500,82	490,74	478,47	482,42	498,19
11	480,22	488,99	474,97	487,24	510,02		500,82	492,93	450,87	459,19	488,99	444,30	483,73	494,25	501,26	477,16	486,36	499,50
12	481,98	467,96	467,96	478,47		496,88	494,25	495,56	494,25	453,94	490,74	444,30	501,26	496,88	487,24	482,42	478,47	491,62
13	471,46	469,71	450,43	485,48	500,82		502,13	491,62	474,53	471,46	488,99	439,04	496,00	481,10	492,49	488,99	481,10	488,99
14	481,10	467,96	483,73	478,47	495,56	508,71	488,99	485,04	461,38	462,70	481,98	470,59	501,26	481,98	492,49	473,21	469,27	
15	461,38	490,74	490,74	485,04	499,50		488,99	495,56	441,67	496,00	487,24	419,32	496,00	487,24	496,00	481,10	478,47	485,83
16		473,21	474,97	471,90	491,62	511,33	491,62	479,79	502,13	492,49	473,21	481,10	499,50	487,24	496,00	479,79	486,36	475,84
17	465,33	478,47	490,74	483,73	506,08		469,27	475,84	478,47	436,41	487,24	456,13	503,01	486,36	520,54	471,90	487,67	490,30
18	458,75	474,97	494,25	486,36	499,50	507,39	471,90	488,99	465,33	446,92	494,25	433,78	474,97	482,42	520,54	483,73	474,53	
19	475,84	490,74	497,75	477,16	491,62		445,61	503,45	435,09	422,39	503,01	470,59	503,01	482,42	527,11	481,10	478,47	482,42
20	503,45	485,48	494,25	481,10	500,82	498,19	499,50	490,30	467,96	436,41	494,25	414,06	503,01	481,10	511,33	486,36	486,36	481,10
21	479,79	496,00	496,00	474,97	491,62		486,36	487,67	425,89	469,71	485,04	474,53	508,27	476,72	515,28	498,19	473,21	479,79
22	462,70	473,21	490,74	466,20	499,50	513,96	510,02	507,39	462,70	480,22	471,90	462,70	501,26	467,96	513,96	496,88	491,62	479,79
23	467,96	490,74	496,00	474,97	503,45		508,71	504,76	467,96	473,21	475,84		494,25	475,84	503,45	495,56	486,36	470,59
24	485,04	478,47	494,25	500,82	502,13	507,39	478,47	488,99	454,81	436,41	449,55	479,79	497,75	479,79	510,02	482,42	495,56	494,25
25	466,64	494,25		495,30	503,45		456,13	491,62	453,50	441,67	473,21	496,00	490,74	477,16	516,59	481,10	494,25	503,45
26	485,04	481,98	471,46	513,96	475,84	508,71	474,53	503,45	431,15	462,70	471,90	494,25	481,98	474,53	431,15	477,16	487,67	492,93
27	469,27	497,75	490,74	513,96	452,18		492,93	488,99	433,78	483,73	475,84	481,98	501,26	474,53	496,88	482,42	498,19	499,50
28	486,36	490,74		466,64	482,42	499,50	499,50	474,53	425,89	503,01	454,81	485,48	487,24	474,53	511,33	481,10	503,45	494,25
29	471,90	474,97	490,74	490,30			496,88	469,27	440,35	503,01	460,07	483,73	481,98	492,93	498,19	466,64		495,56
30	494,25	478,47	488,99	507,39			507,39	467,96	453,50	471,46	428,52	506,51	481,98	483,73	500,82	471,90		494,25
31	473,21		478,47	483,73				485,48		474,97	439,04		494,25		491,62	467,96		500,82

Tabela 8 Número De Chiller Ligados Para A Produção De Água Gelada

	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19
1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
2	3	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
3	3	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
5	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
7	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
9	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5
10	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5
11	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
12	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
13	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
15	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
17	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
19	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
21	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
23	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4		4	5	5	5	5	5
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
25	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
26	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
27	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
29	4	4	4	4			4	4	4	4	4	4	4	5	5	5		5
30	4	4	4	4			4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		5
31	4		4	4				4		4	4		4		5	5		5

Tabela 9 Médias Dos Valores Do COP

	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19
1	6,2309	5,5940	5,9191	5,6494	6,2495	6,1981	6,1264	6,3059	6,6547	7,2940	6,3113	6,3653	6,3363	6,0483	5,5560	6,0888	5,9153	6,0833
2	5,6946	5,6845	5,7301	5,7653	6,2669		6,0707		6,5022	6,8097	6,3260	5,8831	6,2758		5,5696	6,8155	6,0758	6,0680
3	5,7366	5,7659	5,9187		6,2556		6,0792	6,4457	6,2949	7,0479	6,5146	5,8466	6,0492	6,0654	5,5500	6,1327	5,8513	6,1153
4	5,9704	5,7378	5,6609	5,7657	6,3068	6,0516	6,0050	6,4076	6,3407	7,1134	6,4036	6,0675	6,1591	6,1367	5,5247	5,9573	6,0481	6,1602
5	5,7957	5,9684	5,8223	5,6309	6,1642		5,9380	6,1923	7,0392	7,4411	6,0546	6,0508	6,1901	6,2145	5,4324	5,9699	5,7961	5,9806
6	6,0151	5,7602	5,6649	5,7925	5,9296	6,0887	6,1170	6,1801	6,7253	6,4446	5,9822	5,9745	6,1360	5,9660	5,3317	6,1564	5,9534	6,1602
7	5,7766	5,8197	5,8052	5,4948	6,1007		6,1173	6,4236	6,3328	6,4511	5,9752	5,7849	6,0011	6,0919	5,5376	6,3121	5,9268	6,0392
8	5,9946	5,7032	5,5596	5,7358	5,8231	6,1620	6,3022	6,4874	6,2880	6,8321	6,1581	6,0256	6,2425	6,0151	5,5922	6,0145	5,9795	6,0700
9	5,7402	5,9866	5,7744	5,7416	6,2764		6,2605	6,2265	6,2761	6,8573	5,9394	6,0847	6,1184	6,0510	5,8404	6,0065	5,9377	6,1474
10	5,7306	5,7630	5,5851	5,7601	6,3223		6,2857	6,5528	6,5517	6,5686	6,0763	5,8881	6,1995	6,0735	5,9937	6,1775	5,9322	6,1376
11	5,8190	5,7965	5,5868	5,8098	6,3774		6,2132	6,1439	6,9848	6,6949	6,0284	6,0053	6,2032	5,9683	6,0782	5,8278	6,0547	6,1746
12	5,8410	5,6102	5,5939	5,7975		6,1584	6,2752	6,2202	6,5385	6,4085	5,9652	6,0678	6,1386	5,9845	5,9855	5,9219	5,8792	5,9938
13	5,7849	5,5853	5,5730	5,7876	6,2184		6,1649	6,1164	6,6042	6,3306	5,9851	6,3167	6,1092	5,8693	5,9447	5,9561	5,8910	5,9618
14	5,9159	5,7909	5,7481	5,7649	6,2009	6,1176	6,1552	6,1854	6,7063	6,8989	5,8597	6,1290	6,1104	5,9008	5,9947	5,7492	5,9958	
15	5,5862	5,9800	5,8261	5,8152	6,0682		6,1345	6,0742	7,1143	6,5395	6,0064	6,8344	6,1254	5,7955	6,0786	5,8573		6,0170
16	6,9868	5,7670	5,5568	5,7502	6,0987	6,2991	6,2307	6,3142	6,2991	6,4900	5,8617	5,9201	6,0637	5,8823	6,0864	5,8691	6,0177	5,8966
17	5,7015	5,7526	5,8335	5,7475	6,2292		6,4266	6,1841	6,5833	7,3369	5,9573	5,8938	6,1503	5,8953	6,0819	5,8229	6,0134	6,0253
18	5,7727	5,6913	5,8267	5,7698	6,2077	6,2892	6,2403	6,2305	6,7805	6,9040	6,2171	6,3283	6,1824	5,8422	6,2513	5,9187	5,7934	
19	5,7655	5,8588	5,8829	5,7399	6,0879		6,6693	6,1535	7,0425	7,4337	6,2524	6,0851	6,2004	5,8262	6,0435	5,8352	5,9371	5,8671
20	6,0531	5,7963	5,8074	5,7554	6,1263	6,2145	6,1693	6,3406	7,0135	7,1389	6,1813	6,5378	6,1083	5,8603	5,8249	5,9812	5,9339	5,9736
21	5,7482	5,8230	5,7884	5,9226	6,0620		6,4099	5,9855	7,6309	6,7109	5,8467	6,2800	6,1724	5,7873	5,8272	6,1053	5,9407	5,8792
22	5,7407	5,5942	5,7677	5,6988	6,1531	6,1748	6,1581	6,1809	6,8959	6,4556	5,8614	6,2457	6,0930	5,7620	5,7800	6,2655	6,0163	5,9049
23	5,6560	5,8438	5,7696	5,7541	6,2455		6,2397	6,3411	7,0938	6,5475	5,9767		6,0841	5,7863	5,7161	6,0584	5,9550	5,8024
24	5,8716	5,6817	6,0000	6,1369	6,2015	6,1970	6,4248	6,4181	6,7652	6,8520	6,2625	6,2704	6,0867	5,8639	5,7081	5,9854	6,1057	6,0989
25	5,6587	5,9026	6,5434	6,0380	6,1492		6,4416	6,3262	7,2258	7,0344	5,7940	6,0471	5,9987	5,8899	5,7815	5,9528	6,1023	6,2239
26	5,8886	5,7674	5,5578	6,2774	6,5026	6,2896	6,2820	6,3548	7,3640	6,6459	5,8600	6,0817	5,8796	5,8059	6,8465	5,8319	5,9584	6,1888
27	5,6302	5,8676	5,7782	6,3288	6,3931		6,2012	6,4661	7,3743	6,4218	5,8820	6,0793	6,0167	5,8039	6,1588	5,9321	6,0795	6,1002
28	5,7900	5,8190		6,3427	6,3605	5,9601	6,2313	6,5936	7,1965	6,2816	5,9505	6,1217	6,0211	5,7803	5,7455	5,9262	6,1880	6,1674
29	5,6482	5,6872	5,7216	6,0901			6,1433	6,3803	7,2527	6,2454	6,0491	6,1113	5,9223	5,4815	6,0785	6,0559		6,1197
30	5,7873	5,6420	5,7647	6,1489			6,2018	6,8170	7,5569	6,3082	6,4286	6,1433	5,9476	5,5920	6,1497	6,1031		6,0735
31	5,6290		5,6623	6,1546				6,2737		6,1723	6,4158		6,0282		5,9877	6,0542		6,1800

Tabela 10 Médias Dos Valores do kW/TR

	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19
1	0,5644	0,6288	0,5943	0,6226	0,5628	0,5680	0,5741	0,5584	0,5292	0,4841	0,5574	0,5549	0,5559	0,5817	0,6341	0,5776	0,5946	0,5783
2	0,6176	0,6187	0,6138	0,6101	0,5613		0,5794		0,5423	0,5191	0,5562	0,5982	0,5643		0,6320	0,5161	0,5795	0,5798
3	0,6131	0,6100	0,5942		0,5623		0,5787	0,5467	0,5597	0,5011	0,5410	0,6020	0,5845	0,5804	0,6339	0,5740	0,6011	0,5752
4	0,5890	0,6132	0,6213	0,6100	0,5579	0,5812	0,5859	0,5499	0,5557	0,4960	0,5494	0,5816	0,5742	0,5737	0,6373	0,5904	0,5823	0,5716
5	0,6070	0,5892	0,6041	0,6249	0,5707		0,5924	0,5681	0,5008	0,4753	0,5810	0,5832	0,5698	0,5665	0,6481	0,5892	0,6072	0,5882
6	0,5849	0,6105	0,6208	0,6079	0,5934	0,5777	0,5752	0,5696	0,5254	0,5476	0,5880	0,5916	0,5748	0,5900	0,6604	0,5714	0,5920	0,5715
7	0,6089	0,6043	0,6059	0,6401	0,5769		0,5752	0,5483	0,5565	0,5480	0,5886	0,6084	0,5862	0,5776	0,6361	0,5580	0,5938	0,5824
8	0,5870	0,6167	0,6326	0,6132	0,6040	0,5719	0,5581	0,5436	0,5601	0,5167	0,5714	0,5841	0,5637	0,5851	0,6294	0,5851	0,5884	0,5801
9	0,6128	0,5876	0,6093	0,6127	0,5604		0,5619	0,5657	0,5612	0,5149	0,5923	0,5795	0,5762	0,5815	0,6023	0,5856	0,5924	0,5721
10	0,6140	0,6104	0,6298	0,6106	0,5565		0,5601	0,5380	0,5380	0,5369	0,5788	0,5988	0,5688	0,5794	0,5874	0,5698	0,5930	0,5731
11	0,6046	0,6067	0,6295	0,6054	0,5515		0,5662	0,5726	0,5047	0,5271	0,5836	0,5883	0,5685	0,5895	0,5792	0,6038	0,5809	0,5697
12	0,6026	0,6269	0,6288	0,6067		0,5711	0,5609	0,5659	0,5387	0,5503	0,5896	0,5815	0,5736	0,5879	0,5885	0,5940	0,5984	0,5869
13	0,6081	0,6298	0,6315	0,6077	0,5657		0,5706	0,5752	0,5337	0,5567	0,5877	0,5591	0,5764	0,5996	0,5919	0,5907	0,5972	0,5901
14	0,5945	0,6077	0,6125	0,6101	0,5675	0,5750	0,5716	0,5690	0,5258	0,5115	0,6005	0,5757	0,5765	0,5967	0,5873	0,6119	0,5870	
15	0,6297	0,5881	0,6037	0,6049	0,5797		0,5736	0,5791	0,4954	0,5384	0,5858	0,5165	0,5750	0,6075	0,5791	0,6011		0,5848
16	0,5035	0,6099	0,6330	0,6117	0,5767	0,5584	0,5649	0,5579	0,5587	0,5427	0,6002	0,5950	0,5803	0,5984	0,5785	0,5996	0,5848	0,5973
17	0,6169	0,6117	0,6030	0,6119	0,5647		0,5483	0,5698	0,5355	0,4806	0,5904	0,5979	0,5723	0,5973	0,5798	0,6043	0,5851	0,5841
18	0,6093	0,6182	0,6036	0,6096	0,5666	0,5593	0,5645	0,5654	0,5201	0,5109	0,5658	0,5579	0,5716	0,6027	0,5635	0,5948	0,6082	
19	0,6100	0,6004	0,5980	0,6128	0,5777		0,5281	0,5717	0,5005	0,4745	0,5628	0,5795	0,5676	0,6040	0,5820	0,6031	0,5934	0,5998
20	0,5810	0,6070	0,6056	0,6111	0,5741	0,5661	0,5702	0,5557	0,5027	0,4938	0,5693	0,5399	0,5763	0,6005	0,6039	0,5881	0,5928	0,5889
21	0,6120	0,6042	0,6076	0,5939	0,5803		0,5493	0,5881	0,4621	0,5259	0,6019	0,5615	0,5706	0,6082	0,6036	0,5762	0,5923	0,5983
22	0,6128	0,6288	0,6099	0,6172	0,5716	0,5696	0,5711	0,5692	0,5117	0,5453	0,6006	0,5648	0,5777	0,6111	0,6085	0,5615	0,5857	0,5956
23	0,6219	0,6018	0,6095	0,6115	0,5632		0,5638	0,5548	0,4974	0,5384	0,5898		0,5782	0,6084	0,6153	0,5808	0,5908	0,6063
24	0,5990	0,6192	0,5862	0,5731	0,5671	0,5677	0,5482	0,5496	0,5212	0,5142	0,5644	0,5617	0,5782	0,6002	0,6162	0,5877	0,5766	0,5769
25	0,6216	0,5962	0,5381	0,5830	0,5722		0,5471	0,5567	0,4881	0,5012	0,6072	0,5830	0,5865	0,5978	0,6083	0,5909	0,5770	0,5652
26	0,5974	0,6099	0,6330	0,5604	0,5425	0,5594	0,5608	0,5537	0,4791	0,5309	0,6008	0,5790	0,5985	0,6066	0,5138	0,6032	0,5911	0,5686
27	0,6248	0,5994	0,6086	0,5560	0,5512		0,5674	0,5449	0,4785	0,5484	0,5985	0,5814	0,5849	0,6064	0,5711	0,5929	0,5787	0,5767
28	0,6075	0,6044		0,5557	0,5542	0,5902	0,5646	0,5348	0,4897	0,5600	0,5934	0,5755	0,5845	0,6091	0,6122	0,5935	0,5689	0,5706
29	0,6230	0,6184	0,6147	0,5777			0,5726	0,5525	0,4860	0,5635	0,5829	0,5770	0,5944	0,6419	0,5786	0,5811		0,5751
30	0,6077	0,6234	0,6101	0,5721			0,5672	0,5172	0,4665	0,5589	0,5500	0,5728	0,5917	0,6319	0,5721	0,5769		0,5793
31	0,6248		0,6212	0,5720				0,5614		0,5709	0,5506		0,5837		0,5874	0,5812		0,5692

3.5 Dados do Fabricante

Para termos uma ideia de qual valor os “Chillers” do Mangabeira shopping deveriam apresentar e para podermos comparar os valores com os do período de teste, observamos testes realizados pelo fabricante CARRIER. O primeiro teste de performance dos foi realizado em 2013, no laboratório de qualidade, auditoria e certificação do grupo Carrier em Charlotte, Carolina do Norte. Outro teste foi realizado em 2016, três anos após sua instalação.

Figura 19 Teste de 2016

Output Type	Full Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load
Percent Load	100,00	90,00	80,00	70,00	60,00
Chiller Capacity	530 Tons	477 Tons	424 Tons	371 Tons	318 Tons
Chiller Input kW	292 kW	253 kW	220 kW	189 kW	159 kW
Chiller Input Power	0,551 kW/Ton	0,530 kW/Ton	0,518 kW/Ton	0,508 kW/Ton	0,501 kW/Ton
Chiller COP	6,39	6,64	6,79	6,92	7,03
Cooler					
Entering Temp.	17,00 C	15,97 C	14,98 C	13,98 C	12,98 C
Leaving Temp.	7,00 C	7,00 C	7,00 C	7,00 C	7,00 C
Flow Rate	44,6 L/s	44,6 L/s	44,6 L/s	44,6 L/s	44,6 L/s
Pressure Drop	50,1 kPa	50,3 kPa	50,4 kPa	50,6 kPa	50,7 kPa
Condenser					
Leaving Temp.	35,00 C	34,43 C	33,87 C	33,32 C	32,77 C
Entering Temp.	29,50 C	29,50 C	29,50 C	29,50 C	29,50 C
Flow Rate	93,8 L/s	93,8 L/s	93,8 L/s	93,8 L/s	93,8 L/s
Pressure Drop	38,6 kPa	38,6 kPa	38,7 kPa	38,7 kPa	38,7 kPa
Motor					
Motor Rated Load Amps	412	398	387	374	360
Chiller Rated Line Amps	462	402	352	304	259
Chiller Inrush Amps	462				
Max Fuse/CB Amps	1000				
Min Circuit Ampacity	578				

Fonte: AquaEdge Chiller Performance Outputs (2016)

RUN AVG (M)

CHILLER UNIT PERFORMANCE TEST
PER ANSI/AHRI Std. 550/590 2011 (IP), Add 1
UTC-CARRIER CORP
CHARLOTTE, NC

JOB NAME: Mangabeira Mall
UNIT: 23XRV5757NRVBA30
POINT#: 1

DATE: 15-Oct-13
JOB#: 1109524
LOAD: 100.0%

TIME: 8:11 AM
S/N: 22919
STARTER: Low3

PERFORMANCE TEST DATA AND RESULTS

WATER TEMPERATURES, (°C):

	DESIGN	ADJUSTED	ACTUAL	VAR (DEG)	AHRI/MIN	AHRI/MAX
EVAP H2O IN:	17.00	---	16.95 ✓	---	---	---
EVAP H2O OUT:	7.00	6.98	7.21 ✓	0.28	6.70	7.26
COND H2O IN:	29.50	29.72	29.49	0.28	29.44	30.00
COND H2O OUT:	35.00	---	34.91	---	---	---
EVAP H2O DT:	10.00 ✓	---	9.74 ✓	---	---	---
COND H2O DT:	5.50 ✓	---	5.42 ✓	---	---	---
FULL LOAD EVAP DT:	10.00 ✓	---	---	---	---	---

WATER FLOWS (LPS):

	DESIGN	ACTUAL	% DESIGN	VAR (%)	AHRI/MIN	AHRI/MAX
EVAPORATOR:	44.59	44.79	100.46%	5.0%	42.36	46.81
CONDENSER:	94.13	95.00	100.92%	5.0%	89.42	98.84

CAPACITY, KW

	DESIGN	ACTUAL	% DESIGN	VAR FL (%)	AHRI/MIN	AHRI/MAX
EVAPORATOR:	1863.93 ✓	1830.38 ✓	98.20% ✓	4.3%	1783.2	1901.2
CONDENSER:	---	2139.81	---	---	---	---

CHILLER VOLTS:

	DESIGN	AVERAGE	PH (A-B)	PH (C-B)	PH (C-A)	AHRI/MIN	AHRI/MAX
COMPR #1:	380	389.78	387.54	392.01	390.79	342.0	418.0

CHILLER AMPS:

	DESIGN	AVERAGE	PH - A	PH - B	PH - C
COMPR #1:	470.70	450.35	448.21	452.48	449.82

CHILLER POWER, KILOWATTS:

	DESIGN	ACTUAL
COMPR #1:	297.10	299.64

POWER SUPPLY FREQUENCY:

	DESIGN	ACTUAL	VAR (%)	AHRI/MIN	AHRI/MAX
Hz:	60.00	60.00	1.0%	59.40	60.60

OVERALL IKW/KW & HEAT BALANCE:

	DESIGN	ACTUAL	% DESIGN	VAR (%)	AHRI/MIN	AHRI/MAX
IKW/KW:	.160	.164	102.623%	4.3%	---	.166
% HEAT BAL:	0.000%	-0.455%	---	4.3%	---	---

RUN AVG (M)

CHILLER UNIT PERFORMANCE TEST
PER ANSI/AHRI Std. 550/590 2011 (IP), Add 1
UTC-CARRIER CORP
CHARLOTTE, NC

JOB NAME: Mangabeira Mall
 UNIT: 23XRV5757NRVBA30
 POINT#: 1

JOB#: 1109524
 DATE: 15-Oct-13

S/N: 22919
 TIME: 8:11 AM

WATER BOX DIFFERENTIAL (KPAD):

	DESIGN	MEAS	CORR.	% DESIGN	VAR (%)	AHRI/MAX
EVAPORATOR:	50.22	56.76	55.75	111.02%	115%	57.75
CONDENSER:	38.86	43.94	42.71	109.92%	115%	44.69

ADDITIONAL INSTRUMENTATION

OIL-PRES	EVAP-PRES	COND-PRES	FLASC P	OIL TEMP	REFRIG	AMBIENT
KPAD	KPA	KPA	KPA	DEG-C	CHARG-KG	DEG-C
217.2	374.5	888.9	833.4	33.5	581	23.4

VFD: 99.0 Hz
 MOTOR TEMP: 6.5 DegC
 THRUST BEAHRING TEMP: 0.0 DegC
 DISCH TEMP: 41.0 DegC
 PCT IGV: 0.0 %
 PCT DIFFUSER: 0.00 %

CERTIFIED BY:

Customer Witness: Rosário Lima
 Customer Witness: Paulo Cesar
 Customer Witness: Alfley Morim
 Customer Witness: Augusto Leão
 Carrier Sales: Rosário Lima
 Test Technician: Matheus
 Product Engineer: Matheus

4 ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Produção De Frio Comparação Com Os Dados De Fabrica

Podemos observar da figura (20) que, desde o primeiro teste de performance, realizado em 2013, já existia uma pequena diferença no valor de projeto a 100% com o valor quando a máquina é operada. A carga térmica e energia elétrica consumida para produzir esse frio eram iguais a 1863,98 kW (530 TR) e 297,10 kW, podemos calcular o COP com a equação (1) resultando 6,2737. Seus valores reais foram 1830,38 kW (520 TR), 299,64 kW e 6,108°. No teste de 2016 figura (19) notamos que os valores mais se assemelham com os do projeto sendo eles 1863,93 kW (530 TR), 292 kW com COP = 6,39 a 100%. Agora isolando os valores quando os “chillers” funcionam a 100% do Período de Teste (Out 2017 a Mar 2019) temos a seguinte tabela.

Tabela 11 Dados a 100%

100%					
	Teste 2013	Teste 2016	Período de Teste (Out 2017 a Mar 2019)		
			Menor valor	Maior valor	Média
TR (kW)	520 (1828,76)	530 (1863,93)	481,97 (1695,04)	527,11 (1853,76)	501,28 (1762,92)
kW	299,64	292	300	318	311,36
COP	6,1080	6,39	5,331711005	6,081928538	5,6671

Fonte: Autor (2018)

O teste de 2016 (figura 19), também mostra em detalhes os dados dos “chillers” funcionando em várias capacidades que nos permite comparar com os valores dos encontrados no nosso período de estudo. Trabalhando a 90% temos 1677,54 kW ou (477 TR), 253 kW e 6,64 e a 80% temos, 1491,14 kW ou (424 TR), 220 kW e 6,79.

Tabela 12 Dados a 90%

90%					
	Teste 2013	Teste 2016	Período de Teste (Out 2017 a Mar 2019)		
			Menor valor	Maior valor	Média
TR (kW)		477 (1677,54)	448,24 (1576,38)	521,85 (1835,27)	487,68 (1715,09)
kW		253	265,25	301,25	286,49
COP		6,64	5,4948	6,5395	5,9998

Fonte: Autor (2018)

Tabela 13 Dados a 80%

80%					
	Teste 2013	Teste 2016	Período de Teste (Out 2017 a Mar 2019)		
			Menor valor	Maior valor	Média
TR (kW)		424 (1491,14)	428,52 (1507,05)	496,875 (1747,43)	464,93 (1635,08)
kW		220	231,75	269,5	252,875
COP		6,79	6,0053	7,0392	6,5172

Fonte: Autor (2018)

Comparando com os testes de 2013 e 2016 notamos um incremento na quantidade de kW necessárias para produzir a mesma quantidade de carga. Porém, os valores são próximos dos de projetos e dentro da margem de erro. Também identificamos que o “chiller” a 80% possui o melhor desempenho comparando entre os três.

4.2 Analisando os Métodos Implementados

Obtido os valores dos coeficientes de desempenho de todos os dias do período de teste os podemos fazer uma comparação direta entre eles. Tentando sempre que possível comparar os dados de maneira que igualamos todos os outros fatores com exceção das variáveis testadas. Por exemplo, quando testamos qual a capacidade do “chiller” mais vantajosa 90% ou 100%? Pegaremos os dias que contenham mesmo número de “chillers” ativados e também possuam tanque parcialmente carregado. Evitando o máximo possível a influência de outras variáveis.

4.2.1 Ligar os chillers com 100% de funcionamento ou 90%?

Os engenheiros do Mangabeira Shopping já tinham decidido com experiências passadas, em colocar os “chillers” a 90%, por isso a quantidade de dados com esse valor excede qualquer outro. Contudo no mês de dezembro por alguns dias os “chillers” foram postos a 100% que nos oferece alguns dados para comparação e descobrir se a decisão foi correta.

Da tabela (9) podemos observar que os valores de COP a 100% são inferiores aos de 90%, e das tabelas (11) e (12) percebemos que, apesar da energia elétrica consumida dos dados de 90% são maiores que os valores em testes passados, (acima de 253 kW), a carga térmica produzida se compara a de 100% porem sendo produzida com

menos kW. Ligar a 80% possui ótimos valores de desempenho, porém a carga térmica produzida fica abaixo dos níveis satisfatórios. O mesmo para valores abaixo de 80%, portanto essas porcentagens ficam reservadas para os períodos de inverno e outono, períodos com menor necessidade de frio.

4.2.2 Carregar o tanque água gelada por completo ou carregar parcialmente?

O período em que se carregou o tanque por completo foi de outubro 2017 a janeiro de 2018, sendo alterado nos meses seguintes. Novamente na tabela (9) observamos que o valor do COP nesses meses em que o tanque foi carregado totalmente é menor do que quando se carrega parcialmente. Em novembro de 2018 foi tentado outra vez carregar por completo nos dias 10 a 20 e como esperado o valor do COP foi menor de que quando se carrega parcialmente. Isso acontece pelo seguinte motivo.

Tabela 14 Tanque Totalmente Carregado

Leituras do Tanque			
Hora:	06:30	10:00	22:45
12 –	9,9	9,1	17
11 –	9,7	8,8	17
10 –	9,1	8,8	17
9 –	8,8	8,5	17
8 –	8,8	8,5	17
7 –	8,4	8,5	9,1
6 –	8,4	8,5	8,8
5 –	8,4	8,4	8,8
4 –	8,4	8,4	8,5
3 –	8,4	7,2	8,5
2 –	8	7,2	8,5
1 –	7,5	7,2	8,5

Fonte: Consumo dos chiller - 10 - outubro de 2017 (2018)

Tabela 15 Tanque Parcialmente Carregado

Leituras do Tanque			
Hora:	05:55	10:53	22:50
12 –	16,9	16,5	16,6
11 –	16,9	16,3	16,6
10 –	16,3	14,8	16,6
9 –	14,4	14,1	16,6
8 –	13,1	9,7	16,6
7 –	8,7	7,5	16,6
6 –	7,5	7,5	16,6
5 –	7,5	7,5	16,6
4 –	7,5	7,5	15,6
3 –	7,5	7,5	14,8
2 –	7,5	7,5	13,8
1 –	7,5	7,5	8,7

Fonte: Consumo dos chiller - 12 - dezembro de 2018 (2018)

Quando o “chiller” é posto em funcionamento ele começa a encher o tanque com água gelada, essa água fria entra e esfria os primeiros anéis que são localizados na parte inferior do tanque e continua esfriando cada anel até o chegar topo como mostra a tabela (14), lembrando que o “chiller” retira a água do topo do tanque para esfria-la. Com isso podemos ver a causa do problema. Essa água do topo deve estar próxima a 17°C de temperatura. Quando se esfria o tanque por completo essa água do topo começa a esfriar

e é usada para criação de água gelada alterando diretamente o ΔT da equação (2). Consequentemente diminuindo a carga térmica produzida e diminuindo o valor do COP diretamente.

4.2.3 Ligar 4 chillers por um maior período de tempo ou 5 chillers por menor tempo?

Nesse caso iremos comparar os meses fevereiro de 2018 com fevereiro de 2019, pois eles mais se assemelham em variáveis exceto o número de “chillers” que queremos pôr em teste. Novamente da tabela (9) verificamos que carregar o tanque com 4 “chillers” acionados é mais vantajoso devido ao baixo valor do COP, em comparação com desempenho quando 5 acionados. Podemos ver também que no momento que se começou a usar 5 “chillers” no mês de novembro ocorreu uma queda do valor do COP gradativamente. Estamos, nesse caso, comparando dados com o “chiller” a 90%.

Comparando dados a 100%, em particular, os primeiros 8 dias de dezembro/2018 com os do dia 17 a 25 observamos um aumento do COP significativo. Indicando que a possibilidade que a 100% é mais vantajoso utilizar 5 “chillers” porém não temos dados o suficiente com “chillers” a 100% para afirmarmos com certeza.

5 CONCLUSÕES

É um desafio projetar um sistema de climatização para um shopping devido a sua pluralidade de informações e necessidades a ser atendidas. Porém é um maior desafio fazer como que ele de resultados parecidos com os dados em laboratórios, que são estão em condições extremamente controladas. Os engenheiros responsáveis pelo seu projeto o merecem reconhecimento pela alta eficiência dos “chillers” comparável aos valores da fábrica após três anos de funcionamento e atualmente. No ano 2018 recebeu reconhecimento da Carrier que realizou um estudo de caso sobre os “chillers” confirmando as avaliações.

Em relação ao período de teste concluímos que, analisando o coeficiente de desempenho e comparando seus valores mostram que a decisão de manter o “chillers” funcionando a 90% de sua capacidade e mais vantajoso do que mantê-los a 100% na maioria dos casos. Devido ao fato que a 90% se produz uma quantidade de carga termica comparável com a produzida em 100% com menor energia elétrica consumida. Além disso quando se trabalha a 100% o sistema já está no seu limite. Caso ocorra uma ocasião em que shopping precisa de uma carga termica maior, por exemplo em caso de show. A 90% temos espaço pra crescer.

O desempenho é melhor quando o tanque é carregado parcialmente devido ao Δt que é apropriado para os “chillers” trabalharem. É 4 “chiller” em operação são melhores do que 5, quando os “chillers” funcionam a 90% que é como o shopping utiliza na maioria dos meses do ano.

Devido à alta quantidade de variáveis influenciando dos dados estudados seria recomendável realizar um estudo mais aprofundado através de uma análise exérgica de cada circuito que compõe o sistema sendo eles o sistema primário, secundário e condensado. Esses sistemas não são de regime permanente por natureza de operação eles têm característica de regime transiente. Fazendo a análise podemos aproximar para um regime permanente. Seria interessante também avaliar termodinamicamente cada “chiller” individualmente como é possível estimar a pressão na entrada e na saída medindo as pressões da saída da bomba pode-se então mapear os pontos com as pressões a temperatura para se fazer um balanço exérgico e energético.

REFERÊNCIAS

ASHRAE STANDARD (2010). **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**.4. Atlanta: USA.

COSTA, Ênnio Cruz da. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1982

CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora,2004

Wang, Shan K. **Handbook Of Air Conditioning And Refrigeration**. 2. ed. USA, McGraw-Hill Education, 2000

Carrier,**Manual de Instalação, Operação e Manutenção 23XRV**

<<http://mangabeirashopping.com.br/app/o-shopping>>. Acesso em: 20 de março 2019

<https://docs.ufpr.br/~rudmar/clima/material/8_TERMOACUMULACAO.pdf>. Acesso em: 20 de março 2019